

5

10

Optisch gepumpte Halbleitervorrichtungen zur Erzeugung von Strahlung und deren Herstellung sowie Verfahren zur Kompensation von Verspannungen in den darin eingesetzten Schichtfolgen

15

Die vorliegende Erfindung beschreibt die Herstellung und Realisierung von langwelligen MILOS-Scheibenlasern (MILOS=Monolithic Integrated Lateral Optical Pumped Semiconductor), extern optisch Barriere/Quantenfilm-gepumpten und elektrisch gepumpten Scheibenlasern mittels Epitaxie (MBE, MOMBE, GSMBE, MOVPE) sowie ein Verfahren zur Kompensation der Verspannungen der darin eingesetzten Schichten..

Stand der Technik

Die hier diskutierten optisch gepumpten Halbleiterlaserstrukturen bestehen im wesentlichen aus einer Einkoppelschicht, einem aktiven Bereich aus Quantenfilmen, die so angeordnet sind, dass sie einen optimalen Überlapp zu dem Lichtfeld des Pumplasers aufweisen, und einem epitaktischen ($\lambda/4$) Vielschichtspiegel (Distributed Bragg-Reflektor (DBR), der das emittierte Licht der Quantenfilme zurückspiegelt und somit in dem Laserresonator den hochreflektierenden Endspiegel darstellt.

Für die darin bekannterweise verwendeten Schichtstrukturen wird mit zunehmender Emissionswellenlänge und damit zunehmender Verspannung der Einbau verspannungskompensierender Schichten immer wichtiger. Diese kompressive Verspannung muß in den hier zur Diskussion stehenden Schichtfolgen, die zu einer 5 effizienten Absorption des Pumplichtes im Bereich von z.B. 5 bis 25 oder mehr aktive Quantenfilmpaketen enthalten muß, durch zugverspannte Schichten kompensiert werden.

Für die Realisierung von langwelligen Scheibenlasern >1000nm werden für die 10 Lichterzeugung kompressiv verspannte InGaAs-Quantenfilme mit In-Konzentrationen mit typ. >18% und Schichtdicken mit typ. <10nm benötigt. Diese können z.B. bei MOVPE-Wachstumstemperaturen von >600°C mit guter Qualität nur für Wellenlängen bis ca. 1000nm hergestellt werden, da oberhalb der kritischen Schichtdicke eine Relaxation der verspannten Einzelschichten einsetzt. Eine weitere Erhöhung der kritischen Schichtdicke kann durch eine geringerer Energiezufuhr, d.h. z.B. durch eine niedrigere Wachstumstemperatur $T < 600^\circ\text{C}$ erreicht werden.

Nachteil im Stand der Technik

Die bislang in der MOVPE eingesetzten AsH₃- und PH₃-Gruppe-V-Gasquellen 20 weisen bei dieser geringen Energiezufuhr, d.h. z.B. in Form einer Wachstumstemperatur von $T < 600^\circ\text{C}$ sehr schlechte Zerlegungseigenschaften auf. Aufgrund der geringen Zerlegungseffizienz von AsH₃- und PH₃-Gruppe-V-Gasquellen in der MOVPE bei diesen niedrigen Temperaturen ist der Einsatz alternativer Quellen für As und P notwendig.

25

Aufgabe

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher ein Verfahren zur Kompensation von Verspannungen in den Schichtfolgen optisch gepumpter Halbleitervorrichtungen zur Erzeugung von Strahlung, insbesondere langwelliger Strahlung unter 30 Verwendung der oben benannten Epitaxie-Verfahren vorzusehen.

Mit den durch dieses Verfahren hergestellten Schichtfolgen können qualitativ hochwertigere optisch gepumpte Halbleitervorrichtungen und generell besser verspannungskontrollierte Halbleitermehrfachschichtstrukturen erzeugt werden.

5 Lösung der Aufgabe

Überraschenderweise wurde dazu gefunden, dass in Epitaxieverfahren bei geringer Energiezufuhr, z.B. bei MOVPE und bei geringen Temperaturen, d.h. von $T < 600^{\circ}\text{C}$ dann eine vorteilhafte Verspannungskompensation erreicht wird, wenn neben den bekannten N-Quellen (Hydrazine, wie 1,1-Dimethylhydrazin ((CH₃)₂N-NH₂, UDMHy) oder auch Tertiärbutylhydrazin (t-C₄H₉HN-NH₂)) und bekannten Sb-Quellen unter Verwendung von TBAs- und/oder TBP-Quellen (Tertiärbutylarsin, d.h. (t-C₄H₉AsH₂), bzw. Tertiärbutylphosphin (t-C₄H₉PH₂, TBP)) oder entsprechenden Arsenalkyl- und Alkylphosphin-Verbindungen Schichten –innerhalb der in ihrer einzelnen oder gemeinsamen Spannung zu kompensierenden Schichten-, z.B. aus Ga(PAs) oder/und Ga(NAs) oder/und (GaIn)(NAs) bei der Epitaxie abgeschieden werden. Besonders vorteilhaft sind dabei derartige Schichten, welche zusätzlich als zugverspannte Schichten ausgeführt sind.

Neben InGaAs-Quantenfilmen können mit entsprechenden N-Quellen (Hydrazin) und Sb-Quellen InGaAsN, InGaAsSb, InGaAsNSb, GaAsN, AlAsN, GaAsSb, AlAsSb, GaAsP-Schichten als Quantenfilm- und Barrierenstrukturen auf GaAs hergestellt werden. Damit können insbesondere in der MOVPE folgende GaAs-basierende Wellenlängen für Scheibenlaser/ VECSEL zugänglich gemacht werden (VECSEL=Vertical External Cavity Surface Emitting Laser):

25

Quantenfilme: Wellenlängen:

InGaAs	<1000nm (Standardquellen)
InGaAs	<1100nm (TBAs, TBP)
30 InGaAsN	<1300nm/1500nm (TBAs, TBP)
InGaAsNSb	<2000nm (TBAs, TBP, Sb-Quellen)

Das Design je nach Wellenlänge ist insbesondere für effiziente Scheibenlaserstrukturen kritisch. Mit geeigneten Strukturen sind die zwei (fundamentalen) Wellenlängen 1050nm (frequenzverdoppelt grün) und 1260nm (frequenzverdoppelt rot) realisierbar.. Diese Wellenlängen eröffnen neben den bisher bekannten Wellenlängen u.a. den ganzen sichtbaren Wellenlängen durch resonatorinterne Frequenzverdopplung.

Bei der Epitaxie von Scheibenlasern bei 1050nm Emissionswellenlänge kann eine erhöhte In-Konzentration bei niedrigen Wachstumstemperaturen von $T < 600^{\circ}\text{C}$ mit den oben genannten TBAs-Quellen für die InGaAs-Quantenfilme zur Lichterzeugung und TBP-Quellen für die verspannungskompensierenden Barrierenschichten in der aktiven Schicht realisiert werden. Bei dieser Wellenlänge ist i.d.R. noch keine Verspannungskompensation der hochaluminiumhaltigen Schichten, die insbesondere in den Braggreflektoren zum Einsatz kommen, notwendig.

Insbesondere für Scheibenlaser bei längeren Wellenlängen ist dann i.d.R. auch eine Kompensation der Verspannung des Braggspiegels bei niedrigen Wachstumstemperaturen für die unterschiedlichen Materialien (typ. AlAs-, GaAs-, bzw. $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ -Schichten mit varierendem Al-Gehalt) mit Brechungsindexsprung vorteilhaft, da bereits während der Epitaxie diese Materialkombinationen unterschiedliche thermische Ausdehnungskoeffizienten haben und zu einer Materialdegradation führen können.

Dazu gibt es verschiedene Verspannungskompensationskonzepte, bei der hier insbesondere in den hochaluminiumhalten AlGaAs/AlAs-Schichten durch geringe Konzentrationen von P die leicht kompressive Verspannung durch das Aluminum tensil kompensiert werden kann. Die Barrierenschichten müssen je nach optischer Absorptionswellenlänge und –konzept für einen effizienten Betrieb sehr kritisch untersucht werden. Als Absorptionsschicht kann neben GaAsP und AlGaAs-Schichten für Absorptionswellenlängen $< 900\text{nm}$ auch InGaAsN oder GaAsN mit Absorptionswellenlängen $> 900\text{nm}$ erfindungsgemäß hergestellt werden. Dabei ist je nach Materialkombination auf das ausreichende Ladungsträgerkonfinement in Leitungs- und Valenzband zu achten. Insbesondere für InGaAsN-Quantenfilme zur

Lichterzeugung ist ein ausreichendes Löcherkonfinement durch den Einsatz von GaAsP/AlGaAs-Schichten im Design für einen effizienten Laserbetrieb notwendig. Das erfindungsgemäße Verfahren ist insbesondere für Scheibenlaser-Varianten für höhere Wellenlängen von großem Vorteil. Die Herstellung solcher Scheibenlaser sind aufgrund der Frequenzverdopplung und entsprechender Farbzuordnung insbesondere im Bereich von 1260 nm wirtschaftlich sehr relevant.

Für die Schichtstrukturen wird mit zunehmender Emissionswellenlänge und damit zunehmender Verspannung der Einbau verspannungskompensierender Schichten 10 immer wichtiger. Diese kompressive Verspannung muß in den hier zur Diskussion stehenden Schichtfolgen, die zu einer effizienten Absorption des Pumplichtes im Bereich von z.B. 5 bis 25 oder mehr aktive Quantenfilmpaketen enthalten muß, durch zugverspannte Schichten kompensiert werden. Hierzu kann man im aktiven Bereich entweder zugverspanntes Ga(PAs) einsetzen, wenn man mit einer 15 Pumpwellenlänge unterhalb von 900 nm anregen möchte, oder zugverspanntes Ga(NAs) bzw. zugverspanntes (GaIn)(NAs) einsetzen, wenn man mit längeren Pumpwellenlängen arbeiten möchten. Aufgrund des verbesserten Zerlegungsverhaltens lassen sich diese Schichtstrukturen kontrollierter, mit größerer lateraler Homogenität und präziser herstellen.

20 Ein einzelnes Quantenwellpaket kann dabei aus einem aber auch aus zwei Quantenfilmen bestehen.

Je größer die Emissionswellenlänge wird desto größer müssen auch die Schichtdicken der DBR-Struktur (Schichtaufbau aus $\lambda/4$ -Schichten) werden. Darüberhinaus wird der Unterschied des Brechungsindexes zwischen z.B. AlAs und 25 GaAs mit zunehmender Wellenlänge kleiner, dies bedeutet, daß zur Erzielung eines gleich hohen Reflektionsgrades eine höhere Anzahl von DBR-Schichtpaaren abgeschieden werden muß. Da mit zunehmender Schichtdicke und Anzahl der DBR-Paare auch für diese Struktur die integrale elastische Verspannung zunimmt, muß man auch für den DBR-Teil des Lasers eine Verspannungskompensation 30 einbauen. Um die kompressive Verspannung des (AlGa)As-Teils zu kompensieren kann man einmal durch Zugabe von P- in diese Schicht die Verspannung abbauen (DBR-Aufbau (Al(große Konz.)Ga)(PAs)/(Al(klein Konz.)Ga)As). Zum anderen

kann man auch die kompressive Verspannung des Al(groß)Ga)As durch zugverspanntes Ga(PAs) oder auch zugverspanntes (Al(klein)Ga)(PAs) kompensieren. Die erfindungsgemäßen optisch gepumpten Halbleitervorrichtungen zur Erzeugung von Strahlung weisen daher zur Verspannungskompensation entsprechende 5 zug- oder/und kompressions-verspannte Halbleiterschichten auf, welche vorzugsweise durch die Verwendung der oben genannten TBAs oder/und TBP-Quellen in den ansonsten bekannten Expitaxie- insbesondere MOVEPE-Verfahren erzeugt wurden.

Ansprüche

1. Halbleiter-Schichtfolge, dadurch gekennzeichnet, dass die Schichtfolge eine oder mehrere durch Verwendung von TBAs- und/oder TBP-Quellen in an sich bekannten Expitaxieverfahren erzeugte Schichten aufweisen.
5
2. Schichtfolge nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Schicht als verspannungskompensierende Schicht für die umgebende oder umgebenden Schichten der Halbleitervorrichtung ausgeführt ist.
3. Schichtfolge nach Anspruch 1 – 2, dadurch gekennzeichnet, dass die eine 10 oder mehreren Schichten im aktiven Bereich der Vorrichtung angeordnet ist.
4. Schichtfolge nach Anspruch 1 – 3, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine der Schichten im Bereich der als Reflektor oder Ein- oder Vielschichtspiegel aufgeführten Halbleiterschichten angeordnet ist.
15
5. Optisch gepumpte Halbleitervorrichtungen zur Erzeugung von Strahlung, dadurch gekennzeichnet, dass die Halbleitervorrichtung eine oder mehrere der Schichtfolgen gemäß den Ansprüchen 1 – 4 aufweist.
6. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung mindestens ein Quantenwellpaket aufweist, welches ein 20 oder/und zwei Quantenfilme aufweist.
7. Verfahren zur Herstellung von Halbleiterschichtstrukturen, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erzielung einer Verspannungskontrolle einzelner oder mehrerer Schichten in den an sich bekannten Verfahren der Epitaxie TBAs-Quellen oder/und TBP-Quelle, vorzugsweise (Tertiärbutylarsin, d.h. (t-C₄H₉AsH₂), bzw. Tertiärbutylphosphin (t-C₄H₉PH₂, TBP)) oder entsprechenden Arsenalkyl- und Alkylphosphin-Verbindungen aufweisende Quellen 25 verwendet werden.
30

8. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass MOVEPE oder andere Tieftemperatragasphasenexpitaxieverfahren bei einer Temperatur von gleich oder kleiner 600°C verwendet werden.
- 5 9. Verwendung von TBAs-Quellen oder/und TBP-Quelle, vorzugsweise (Tertiärbutylarsin, d.h. (t-C₄H₉AsH₂), bzw. Tertiärbutylphosphin (t-C₄H₉PH₂, TBP)) oder entsprechenden Arsenalkyl- und Alkylphosphin-Verbindungen in Expitaxieverfahren zur Herstellung von spannungskompensierenden Halbleiterschichten.
- 10 10. Verwendung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass kompressionsverspannte Halbleiterschichten in ihrer Verspannung kompensiert werden.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE2004/002624

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H01S5/183 H01L33/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H01S H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, IBM-TDB, INSPEC, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	<p>ELLMERS C ET AL: "GaAs-based VCSEL-structures with strain-compensated (GaIn)As/Ga(PAs)-MQW active regions grown by using TBAs and TBP - Theory and Practice" JOURNAL OF CRYSTAL GROWTH, NORTH-HOLLAND PUBLISHING CO. AMSTERDAM, NL, vol. 195, no. 1-4, 15 December 1998 (1998-12-15), pages 630-636, XP004154328 ISSN: 0022-0248 page 631 abstract paragraph '3.1.1!; figure 2</p> <p style="text-align: center;">-/-</p>	1-10

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the International filing date
- "L" document which may throw doubts on priority, claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search	Date of mailing of the International search report
10 March 2005	21/03/2005
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentiaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax (+31-70) 340-3016	Authorized officer Gnugesser, H

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE2004/002624

C(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	ELLMERS C ET AL: "Optically pumped (GaIn)As/Ga(PAs) vertical-cavity surface-emitting lasers with optimized dynamics" APPLIED PHYSICS LETTERS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, US, vol. 74, no. 10, 8 March 1999 (1999-03-08), pages 1367-1369, XP012022140 ISSN: 0003-6951 the whole document	1-10
X	OKUNO YAE L ET AL: "1.3 μ m wavelength vertical cavity surface emitting laser fabricated by orientation-mismatched wafer bonding: A prospect for polarization control" APPLIED PHYSICS LETTERS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, US, vol. 82, no. 15, 14 April 2003 (2003-04-14), pages 2377-2379, XP012033735 ISSN: 0003-6951 page 2377, right-hand column; figure 1	1,3,5,6
X	AE S ET AL: "LOW THRESHOLD LAMBDA = 1.3 μ m MULTI-QUANTUM WELL LASER DIODES GROWN BY METALORGANIC VAPOR PHASE EPITAXY USING TERTIARYBUTYLARSINE AND TERTIARYBUTYLPHOSPHINE PRECURSORS" JOURNAL OF CRYSTAL GROWTH, NORTH-HOLLAND PUBLISHING CO. AMSTERDAM, NL, vol. 145, no. 1/4, 2 December 1994 (1994-12-02), pages 852-857, XP000511795 ISSN: 0022-0248 the whole document	1
X	KIM I ET AL: "Composition control of InGaAsP in metalorganic chemical vapor deposition using tertiarybutylphosphine and tertiarybutylarsine" JOURNAL OF CRYSTAL GROWTH, NORTH-HOLLAND PUBLISHING CO. AMSTERDAM, NL, vol. 193, no. 3, 1 October 1998 (1998-10-01), pages 293-299, XP004144972 ISSN: 0022-0248 the whole document	1
		-/-

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE2004/002624

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>OUGAZZADEN A ET AL: "High performance strained MQW lasers at 1.3 μm by MOVPE using arsine generator system" ELECTRONICS LETTERS, IEE STEVENAGE, GB, vol. 30, no. 20, 29 September 1994 (1994-09-29), pages 1681-1682, XP006001121 ISSN: 0013-5194 the whole document</p> <hr/>	1-3, 5-7, 9, 10
A	<p>HOU H Q ET AL: "HIGH-PERFORMANCE 1.06-MUM SELECTIVELY OXIDIZED VERTICAL-CAVITY SURFACE-EMITTING LASERS WITH INGAAS-GAASP STRAIN-COMPENSATED QUANTUM WELLS" IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, IEEE INC. NEW YORK, US, vol. 9, no. 8, August 1997 (1997-08), pages 1057-1059, XP000699797 ISSN: 1041-1135 the whole document</p> <hr/>	1, 5, 7, 9

INTERNATIONALE RECHERCHENBERICHT

Internationaler Aktenzeichen

PCT/DE2004/002624

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H01S5/183 H01L33/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 H01S H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, IBM-TDB, INSPEC, COMPENDEX

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	<p>ELLMERS C ET AL: "GaAs-based VCSEL-structures with strain-compensated (GaIn)As/Ga(PAs)-MQW active regions grown by using TBAs and TBP - Theory and Practice" JOURNAL OF CRYSTAL GROWTH, NORTH-HOLLAND PUBLISHING CO. AMSTERDAM, NL, Bd. 195, Nr. 1-4, 15. Dezember 1998 (1998-12-15), Seiten 630-636, XP004154328 ISSN: 0022-0248 Seite 631 Zusammenfassung Absatz '3.1.1!; Abbildung 2</p> <p style="text-align: center;">-/-</p>	1-10

Weiters Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem Internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belagert werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- "P" Veröffentlichung, die vor dem Internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem Internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- "8" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche

Anmeldedatum des Internationalen Recherchenberichts

10. März 2005

21/03/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax. (+31-70) 340-3018

Bevollmächtigter Bediensteter

Gnugesser, H

INTERNATIONALE RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2004/002624

C (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGEGEHENDE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	ELLMERS C ET AL: "Optically pumped (GaIn)As/Ga(PAs) vertical-cavity surface-emitting lasers with optimized dynamics" APPLIED PHYSICS LETTERS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, US, Bd. 74, Nr. 10, 8. März 1999 (1999-03-08), Seiten 1367-1369, XP012022140 ISSN: 0003-6951 das ganze Dokument	1-10
X	OKUNO YAE L ET AL: "1.3 μ m wavelength vertical cavity surface emitting laser fabricated by orientation-mismatched wafer bonding: A prospect for polarization control" APPLIED PHYSICS LETTERS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, US, Bd. 82, Nr. 15, 14. April 2003 (2003-04-14), Seiten 2377-2379, XP012033735 ISSN: 0003-6951 Seite 2377, rechte Spalte; Abbildung 1	1,3,5,6
X	AE S ET AL: "LOW THRESHOLD LAMBDA = 1.3 μ m MULTI-QUANTUM WELL LASER DIODES GROWN BY METALORGANIC VAPOR PHASE EPITAXY USING TERTIARYBUTYLARSINE AND TERTIARYBUTYLPHOSPHINE PRECURSORS" JOURNAL OF CRYSTAL GROWTH, NORTH-HOLLAND PUBLISHING CO. AMSTERDAM, NL, Bd. 145, Nr. 1/4, 2. Dezember 1994 (1994-12-02), Seiten 852-857, XP000511795 ISSN: 0022-0248 das ganze Dokument	1
X	KIM I ET AL: "Composition control of InGaAsP in metalorganic chemical vapor deposition using tertiarybutylphosphine and tertiarybutylarsine" JOURNAL OF CRYSTAL GROWTH, NORTH-HOLLAND PUBLISHING CO. AMSTERDAM, NL, Bd. 193, Nr. 3, 1. Oktober 1998 (1998-10-01), Seiten 293-299, XP004144972 ISSN: 0022-0248 das ganze Dokument	1

-/-

INTERNATIONALE RECHERCHENBERICHT

Internationale Aktenzeichen

PCT/DE2004/002624

C (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGEBEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	OUGAZZADEN A ET AL: "High performance strained MQW lasers at 1.3 µm by MOVPE using arsine generator system" ELECTRONICS LETTERS, IEE STEVENAGE, GB, Bd. 30, Nr. 20, 29. September 1994 (1994-09-29), Seiten 1681-1682, XP006001121 ISSN: 0013-5194 das ganze Dokument	1-3, 5-7, 9, 10
A	HOU H Q ET AL: "HIGH-PERFORMANCE 1.06-MUM SELECTIVELY OXIDIZED VERTICAL-CAVITY SURFACE-EMITTING LASERS WITH INGAAS-GAASP STRAIN-COMPENSATED QUANTUM WELLS" IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, IEEE INC. NEW YORK, US, Bd. 9, Nr. 8, August 1997 (1997-08), Seiten 1057-1059, XP000699797 ISSN: 1041-1135 das ganze Dokument	1, 5, 7, 9